

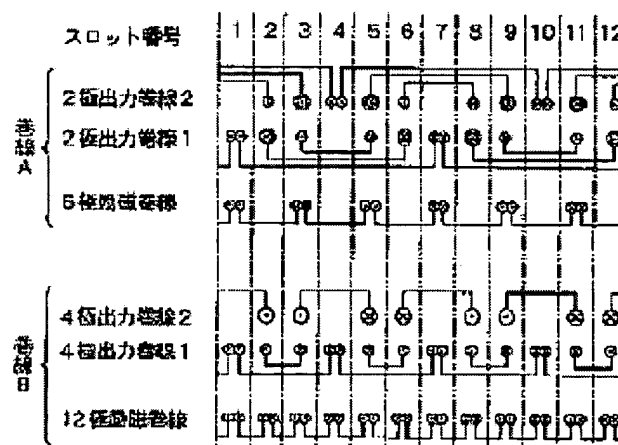
# ANGLE DETECTING DEVICE HAVING NON-INTERFERING WINDINGS FOR TWO INPUTS AND OUTPUTS

**Patent number:** JP11313470  
**Publication date:** 1999-11-09  
**Inventor:** TAJIMA FUMIO; OBARA SANSHIRO; ISHIZAKI AKIRA  
**Applicant:** HITACHI LTD.; ISHIZAKI AKIRA  
**Classification:**  
 - international: H02K24/00; G01B7/30  
 - european:  
**Application number:** JP19980118168 19980428  
**Priority number(s):**

## Abstract of JP11313470

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a low-cost, compact angle detecting device of a simple structure capable of supplying two sets of rotor position signals, independently of each other.

**SOLUTION:** Windings A comprising single-phase exciting windings for the number of pairs of poles P1 and two-phase or three-phase outputting windings of the number of pairs of poles P2, and windings B comprising single-phase exciting windings of the number of pairs of poles P3 and two-phase or three-phase outputting windings of the number of pairs of poles P4 are stored in the slot of the same iron core of a rotor. The number of pairs of poles for a rotor having N-pieces of salient poles are each selected, in such a way as to satisfy either of the relations  $P1 + P2 = N$  or  $P1 - P2 = \pm N$  in the windings A and satisfying either of the relations  $P3 + P4 = N$  or  $P3 - P4 = \pm N$  in the windings B, so as to make the windings A and B not interfere magnetically with each other.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-313470

(43) 公開日 平成11年(1999)11月9日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

H 0 2 K 24/00

G 0 1 B 7/30

識別記号

F I

H 0 2 K 24/00

G 0 1 B 7/30

B

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-118168

(22) 出願日 平成10年(1998) 4月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 592121099

石崎 彰

神奈川県横浜市南区永田北3丁目22番5号

(72) 発明者 田島 文男

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 小原 三四郎

茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株式会社日立製作所自動車機器事業部内

(74) 代理人 弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

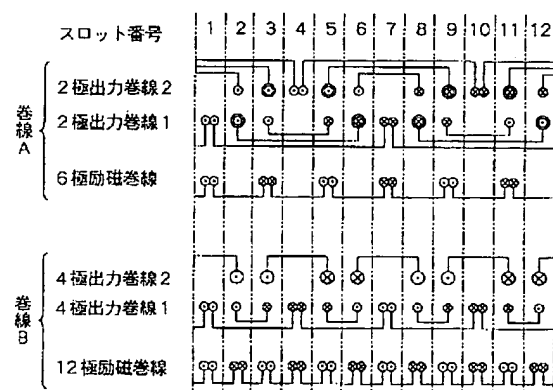
(54) 【発明の名称】 2入出力の非干渉巻線を有する角度検出装置

(57) 【要約】

【課題】互いに独立した2組の回転子位置信号を供給することのできる、構造が簡単、安価でコンパクトな角度検出装置を提供する。

【解決手段】極対数 $P_1$ の単相励磁巻線と極対数 $P_2$ の2相又は3相出力巻線から成る巻線Aと、極対数 $P_3$ の単相励磁巻線と極対数 $P_4$ の2相又は3相出力巻線から成る巻線Bを固定子の同一鉄心のスロットに納め、N個の突極を持つ回転子に対し、巻線Aにおいては $P_1 + P_2 = N$ 又は $P_1 - P_2 = \pm N$ のいずれかの関係、巻線Bにおいては $P_3 + P_4 = N$ 又は $P_3 - P_4 = \pm N$ のいずれかの関係を満足させ、巻線Aと巻線Bとが磁氣的に干渉しないようにそれぞれの極対数を選定する。

図 5



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】極対数 $P_1$ の単相励磁巻線と極対数 $P_2$ の2相又は3相出力巻線から成る巻線Aと、極対数 $P_3$ の単相励磁巻線と極対数 $P_4$ の2相又は3相出力巻線から成る巻線Bとが、同一鉄心のスロットに納められた固定子と、N個の突極の鉄心のみで巻線を有しない回転子とから成り、巻線Aにおいては $P_1 + P_2 = N$ 又は $P_1 - P_2 = \pm N$ のいずれかの関係を満足し、巻線Bにおいては $P_3 + P_4 = N$ 又は $P_3 - P_4 = \pm N$ のいずれかの関係を満足するとともに、巻線Aと巻線Bとが磁氣的に干渉しないように、それぞれの極対数を選定することを特徴とする角度検出装置。

【請求項2】請求項1記載の角度検出装置において、突極の中央を原点として回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、回転子形状によるギャップパーミアンス脈動が $\cos(N\theta_2)$ となるような回転子形状としたことを特徴とする角度検出装置。

【請求項3】請求項1記載の角度検出装置において、突極の中央を原点として、回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ 、突極中央の最小エアギャップ長を $\delta_1$ とし、 $k$ が1と2の間の値をとるとき、前記空間角 $\theta_2$ の位置におけるエアギャップ長が

$$\frac{k\delta_1}{1 + (k-1)\cos(N\theta_2)}$$

となるような回転子形状としたことを特徴とする角度検出装置。

【請求項4】請求項1、2又は3記載の角度検出装置において、励磁巻線を2相とし、出力巻線を単相または2相としたことを特徴とする角度検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】電気自動車等で安全対策上用

$$P_1 + P_2 = N$$

または

## 【0007】

$$P_1 - P_2 = \pm N$$

のいずれかの関係を満足するように極対数を選定すると、励磁巻線を単相とし、出力巻線を2相又は3相とした場合には、回転子の全円周の $1/N$ の動きを1周期とする、正弦波の2相又は3相電圧が出力巻線に誘導されることを利用して回転子位置の角度を検出するものである。

【0008】本発明は、上記の極対数 $P_1$ の励磁巻線と

$$P_3 + P_4 = N$$

または

## 【0010】

いられるデュアルシステムにおいては、モータの制御回路を2系統にすることが行われているが、この場合のモータの回転子位置の角度検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電気自動車ではPMモータや誘導電動機のベクトル制御が広く行われているが、この場合回転子位置の角度検出装置として、構造が簡単、安価で信頼性の高いVR形レゾルバが用いられている。しかし、万レゾルバの巻線が切断又は短絡した場合には、回転子位置を示す信号が無くなるのでモータの制御が不能になる。従って、モータの制御回路を2系統とするデュアルシステムでは、回転子位置の信号を供給するレゾルバも2個使用することが行われている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、2系統の制御回路に独立した二つの回転子位置の信号を供給するために、2個のレゾルバを使用することは、モータ周辺の寸法が大きくなり、またコスト高になるという欠点がある。本発明はこれらの課題を解決するために、1個の固定子鉄心に巻かれた2組の巻線から、互いに独立した2組の回転子位置信号を供給することのできる角度検出装置を実現しようとするものである。

【0004】従って本発明は、上記の問題に鑑み、互いに独立した2組の回転子位置信号を供給することのできる、構造が簡単、安価でコンパクトな角度検出装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、発明者が既に出願し、登録されている特許第2698013号「位置検出装置」の基本技術を利用するものである。即ち、この特許は、励磁巻線と出力巻線とを異なった極対数としていずれも固定子鉄心のスロットに納め、励磁巻線の極対数を $P_1$ 、出力巻線の極対数を $P_2$ として、回転子はN個の突極を有する鉄心で巻線を設けない構造において、

## 【0006】

【数2】

$$\dots (1)$$

【数3】

$$\dots (2)$$

極対数 $P_2$ の出力巻線で構成されるものを巻線Aとし、これとは異なった極対数 $P_3$ の単相励磁巻線と極対数 $P_4$ の2相又は3相の出力巻線で構成されるもう一組を巻線Bとし、極対数 $P_3$ 、 $P_4$ と突極数Nとの間には

## 【0009】

【数4】

$$\dots (3)$$

【数5】

$$P_3 - P_4 = \pm N$$

のいずれかを満足するように極対数を選定して、これらの二組の巻線を同一の固定子鉄心のスロットに納め、巻線Aの励磁電流が作る磁束によっては巻線Bには電圧が誘導されず、また巻線Bの励磁電流が作る磁束によっては巻線Aには電圧が誘導されないように双方の極対数を選定することによって、巻線Aと巻線Bとの間に磁気的な干渉がないようにして、二組の巻線から互いに独立した回転角度の信号を得ることを特徴とする。

【0011】この場合角度検出の誤差の原因となるのは、出力巻線の誘導電圧波形に含まれる高調波成分であるが、本発明においては突極によるギャップパーミアンスの回転子位置による変動を利用しているため、高調波成分に最も影響があるのは、回転子突極の形状である。そこで、上記のように磁気的に非干渉な二組の巻線Aと巻線Bを同一の鉄心のスロットに納めた固定子と、突極の中央を原点として回転子外周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、突極によるギャップパーミアンスの変動が $\cos(N\theta_2)$ となるような形状の回転子を用いて、二組の巻線から互いに独立した回転角度の信号を得ることを特徴とする。

【0012】 $\cos(N\theta_2)$ にほぼ近いギャップパーミアンス変動を得る回転子形状として、突極の中央を原点として、回転子円周の位置を表す空間角を $\theta_2$ とすると、突極中央の最小エアギャップ長を $\delta_1$ とし、 $k$ が1と2の間の値をとるとき、前記空間角 $\theta_2$ の位置におけるエアギャップ長が

【0013】

$$P_1 + P_2 = N$$

または

【0018】

$$P_1 - P_2 = \pm N$$

のいずれかの関係が満足されるように選ばれている。

【0019】この場合、励磁巻線を単相とし、出力巻線を2相又は3相とすれば、出力巻線には回転子の全円周の $1/N$ の動きを1周期として正弦波形で振幅変化をする2相または3相電圧が得られる。また励磁巻線を2相とし、出力巻線を単相又は2相とすれば、回転子が全円周の $1/N$ 動くときに位相が $2\pi$ 変化する正弦波電圧が得られる。これらの電圧を用いて回転位置の検出を行うことができる。

【0020】しかし、出力巻線の誘導電圧が完全な正弦波でなく、高調波成分が含まれるときには、それが誤差の原因になるので、高調波成分を最小にすることが必要である。このため第3高調波を零にする巻線を使用することも一つの方法である。出力巻線が3相巻線の場合には端子電圧には3の整数倍の高調波成分は誘導されない。単相又は2相巻線の場合でも、3相巻線の二つの相の巻線を図2のように接続して一つの相の巻線として用いれば、3相巻線の場合と同様に3の整数倍の高調波成

…(4)

【数6】

$$\frac{k\delta_1}{1 + (k-1)\cos(N\theta_2)}$$

【0014】となるような形状の回転子と、上記のように磁気的に非干渉な二組の巻線Aと巻線Bを同一の鉄心のスロットに納めた固定子を用いて、二組の巻線から互いに独立した回転角度の信号を得ることを特徴とする。

【0015】二組の巻線A及び巻線Bの励磁巻線を2相とし、出力巻線を単相又は2相とした場合には、出力巻線に誘導される電圧は、回転子が全円周の $1/N$ 動くときに位相が $2\pi$ 変化する正弦波電圧となることを利用して、二組の巻線から互いに独立した回転角度の信号を得ることを特徴とする。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明は特許第2698013号に記載の回転位置検出の技術を利用するものである。即ち、図1は回転子10及び固定子11を示している。固定子にはその内周全体に等間隔にスロット11aが形成され（図にはスロットの一部のみが示されている）このスロットには極対数 $P_1$ の励磁巻線と極対数 $P_2$ の出力巻線が納められている。回転子にはその外周に $N$ 個の突極10aが形成され、上記の極対数と突極の個数との間には

【0017】

【数7】

…(1)

【数8】

…(2)

分は誘導されない。また、この巻線を励磁巻線に用いれば、励磁電流による起磁力にも3の整数倍の高調波は含まれない。

【0021】また、回転子の突極形状が出力巻線の誘導電圧の高調波成分に大きな影響を与えることに鑑み、この高調波成分を最小にする突極形状として、次に示す式とすればよいことを理論的に明らかにした。

【0022】

【数9】

$$R_{\theta_2} = R_1 - \frac{k\delta_1}{1 + (k-1)\cos(N\theta_2)}$$

【0023】ここで、 $R_{\theta_2}$ は座標 $\theta_2$ の位置における回転子鉄心の外周と中心との距離、 $R_1$ は固定子鉄心の内周の半径、 $\delta_1$ は最小ギャップ長である。 $N=4$ の場合の突極形状の例を図3に示す。

【0024】本発明は、上記のような特許第2698013号に記載された技術を利用して、それぞれ1個の固定子及

び回転子鉄心を用いて、二つの同じ回転角度信号を相互に干渉のない状態で得ようとするものである。このため異なった極対数の二組の巻線を同一の固定子鉄心のスロットに納め、一方の巻線Aは極対数 $P_1$ の励磁巻線と極対数 $P_2$ の出力巻線とから成り、他方の巻線Bは極対数 $P_3$ の励磁巻線と極対数 $P_4$ の出力巻線とから成るよう

$$P_3 + P_4 = N$$

または

$$【0026】$$

$$P_3 - P_4 = \pm N$$

のいずれかを満足するように $P_3$ 及び $P_4$ の値が選ばれる。

【0027】いま、それぞれの励磁巻線が単相で出力巻線が2相の場合について考える。回転子に設定され、回転子とともに移動する座標系 $\theta_2$ については既に述べたが、この他の空間角で表した静止座標系を固定子鉄心内周に設定し、 $\theta_1$ とする。そして、巻線Aの励磁巻線の巻線軸から電気角で $\pi/2$ だけずれた位置、即ちこの巻線に電流が流れたときに生ずる起磁力の基本波成分が負から正に変わるゼロクロス位置を、この座標 $\theta_1$ の原点とする。この原点に最も近い位置にある回転子の最小ギャップの位置を $\theta_1$ の座標で表した値を $\psi$ とする。この場合、巻線Aの出力巻線及び巻線Bの出力巻線には、いずれもその振幅変化が $\cos(N\psi)$ 及び $\sin(N\psi)$ に比例した電圧が得られることは、特許第2698013号に記載されたとおりである。しかし、両者の電圧から同じ回転角度の信号を得るためには、電圧の位相が合っていることが必要であるが、これは巻線配置を次のようにすることによって実現できる。

【0028】誘導電圧の振幅変化が、 $\cos(N\psi)$ に比例する巻線を出力巻線1と呼び、 $\sin(N\psi)$ に比例する巻線を出力巻線2と呼ぶものとする。また、出力巻線1においても、巻線軸からこの巻線の電気角で $\pi/2$ だけずれた位置が座標 $\theta_1$ の原点にくるような位置に巻線を配置することによって、振幅変化が $\cos(N\psi)$ に比例する誘導電圧が得られる。出力巻線2は、その巻線軸が出力巻線1の巻線軸から電気角で $\pi/2$ だけずれた位置にくるように配置することによって、振幅変化が $\sin(N\psi)$ に比例する電圧が誘導される。巻線Bにおいても、励磁巻線及び出力巻線1は、それぞれの巻線軸からそれぞれの巻線の電気角で $\pi/2$ だけずれた位置が、上記の巻線Aについて定義した座標 $\theta_1$ の原点にくるような位置に巻線を配置することによって、出力巻線1には振幅変化が $\cos(N\psi)$ に比例する誘導電圧が得られ、巻線Aの出力巻線1の電圧とは位相が一致したものとなる。巻線Bの出力巻線2はその巻線軸が出力巻線1の巻線軸から電気角で $\pi/2$ だけずれた位置にくるように配置することによって、 $\sin(N\psi)$ に比例する電圧が誘導され、巻線Aの出力巻線2の電圧と位相を一致させることができる。

にして、極対数と回転子の突極数 $N$ との間には次のような関係を有するようにする。即ち、巻線Aに対しては(1)式又は(2)式のいずれかが満足されるような $P_1$ 及び $P_2$ の値を選び、巻線Bに対しては

$$【0025】$$

$$【数10】$$

$$\dots (3)$$

$$【数11】$$

$$\dots (4)$$

【0029】巻線Aと巻線Bとの出力信号を、それぞれ別個のR/D変換器で角度を示すデジタル信号に変換する場合には、巻線Aと巻線Bの出力電圧の大きさを同一値とする必要はないが、同一値とすることは容易で、巻線の巻数の調整、あるいは励磁電流の調整によって可能である。

【0030】励磁巻線が単相で、出力巻線が3相の場合には、巻線A及び巻線BのU相巻線のそれぞれの巻線軸からそれぞれの巻線の電気角で $\pi/2$ だけずれた位置が、上記の巻線Aについて定義した座標 $\theta_1$ の原点にくるような位置に巻線を配置することによって、巻線Aと巻線Bの出力巻線の二つの3相電圧の位置を一致させることができる。

【0031】励磁巻線が2相で出力巻線が単相の場合には、上記の励磁巻線が単相で出力巻線が2相の場合の巻線Aと巻線Bとにおいて、それぞれ励磁巻線と出力巻線とを入れ替えたものと考えればよい。さらに巻線Aと巻線Bのそれぞれの単相出力巻線の巻線軸からそれぞれの巻線の電気角で $\pi/2$ だけずれた位置にもう1個の単相出力巻線を設ければ、2相励磁、2相出力で同一位相の二つの信号を得ることができる。

【0032】次に、巻線Aと巻線Bとを磁氣的に非干渉とすることができることを具体的な実施例として、単相励磁、2相出力で、回転子鉄心の突極数 $N=4$ の場合について、図4及び図5を用いて説明する。図4は鉄心断面図で、12個のスロットには11a-1から11a-12までの番号をつけてある。それぞれのスロットに納められる巻線の配置を、各スロット番号に対応して示したものが図5で、各コイルは同心巻である。

【0033】巻線Aにおいては、励磁巻線を6極とし出力巻線を2極としている。即ち、 $P_1=3$ 、 $P_2=1$ であるので、 $N=4$ との間には(1)式の関係が成り立つ。この場合 $P_1$ は $P_2$ の3倍であるので、極対数3の磁束密度による回転子位置に無関係な一定電圧が、出力巻線に誘導されるのを防止するために、出力巻線は図2に示すような3相巻線のU相とV相を接続した形の単相巻線としてあるが、コイルとしては2層巻線ではなく、同心巻としている。このため2重丸で示したコイルは1重丸で示したコイルの2倍のターン数となっている。励磁巻線は全節集中巻である。

【0034】巻線Bにおいては、励磁巻線を12極とし出力巻線を4極としている。即ち、 $P_3 = 6$ 、 $P_4 = 2$ であるので、 $N = 4$ との間には(4)式の関係が成り立つ。この場合も $P_3$ は $P_4$ の3倍であるので、出力巻線は図2に示すような3相巻線のU相とV相を接続した形の単相巻線としてあるが、コイルとしては2層巻線ではなく、同心巻としている。この場合スロット数が1極当たり3個と少ないので、図5に示すように出力巻線1と出力巻線2ではコイルピッチ及びコイルの本数が異なっている。このため出力巻線2の1コイルのターン数は出力巻線1の1コイルのターン数の $\sqrt{3}$ 倍として電圧の大きさが同一となるようにしている。励磁巻線は全節集中巻である。

【0035】なお、この実施例はスロット数が少ないので励磁巻線は全節集中巻であったが、1極当たりのスロット数が3以上の場合には、励磁巻線も図2に示すような3相巻線のU相とV相を接続した形の単相巻線と等価

$$A_1 \sin(3\theta_1) - A_2 \sin(\theta_1 - N\psi) + A_3 \sin(7\theta_1 - N\psi) \quad \dots (5)$$

として表される。図5から明らかなように、巻線Bは励磁巻線も出力巻線も各コイルにはすべて、空間角で180度離れた位置に巻方向を含めて全く同一のコイルが存在する。(5)式の $\theta_1$ の係数はすべて奇数であるので、この磁束密度によって上記の二つのコイルには大きさ等しく方向反対の電圧が誘導される。従って、この二つのコイルを直列に接続すれば、この磁束密度による誘

$$B_1 \sin(6\theta_1) - B_2 \sin(2\theta_1 + N\psi) + B_3 \sin(10\theta_1 + N\psi) \quad \dots (6)$$

として表される。図5から明らかなように、巻線Aは励磁巻線も出力巻線も各コイルはすべて、空間角で180度離れた位置に巻方向のみ異なる同一のコイルが存在する。(6)式の $\theta_1$ の係数はすべて偶数であるので、この磁束密度によって上記の二つのコイルには大きさ等しく方向反対の電圧が誘導される。従って、この二つのコイルを直列に接続すれば、この磁束密度による誘導電圧は零となるので、巻線Bの作る磁束は巻線Aには電圧を誘導しない。

【0041】従って、図5に示した巻線Aと巻線Bとは磁気的に非干渉であるので、同一鉄心のスロットに納められていても、互いに独立した二つの同じ回転角の信号を供給することができる。

【0042】この実施例ではコイルは同心巻の場合について示したが、これらの巻線と等価な巻線を、各歯ごとにコイルを巻き付けた巻線構成、即ちコイルピッチがスロットピッチに等しい多数のコイルによっても構成できることは当然である。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように、本発明はそれぞれ

な同心巻のコイルとすることによって、励磁電流による起磁力に3の奇数倍の高調波成分を含まないようにすることができ、誤差の原因を減らすことができる。

【0036】前記の説明をこの実施例に当てはめると、巻線A及び巻線Bのいずれの出力巻線1においても、回転子位置が $\psi$ のときに $\cos(4\psi)$ に比例する振幅の電圧が誘導され、またいずれの出力巻線2においても、回転子位置が $\psi$ のときに $\sin(4\psi)$ に比例する振幅の電圧が誘導されることは明らかで、同一鉄心のスロットに納められた二組の巻線から二つの同一位相の2相電圧が得られる。

【0037】次に巻線Aと巻線Bとが磁気的に非干渉であることを説明する。巻線Aの励磁巻線に電流を流したときに生ずる磁束密度分布の主要な成分は、特許第2698013号に記載された理論によると

【0038】

【数12】

導電率は零となるので、巻線Aの作る磁束は巻線Bには電圧を誘導しない。

【0039】一方、巻線Bの励磁巻線に電流を流したときに生ずる磁束密度分布の主要な成分は

【0040】

【数13】

1個の固定子鉄心及び回転子鉄心を用い、固定子鉄心の同一のスロットに二組の巻線を納め、両者が磁気的に干渉しないようにすることによって、回転角度に関する同じ値の二つの信号を互いに独立した形で得ることができる。これによって電気自動車等のモータ制御回路を2系統とするデュアルシステムにおいて、それぞれの系統に独立して回転角度の信号を供給する角度検出装置を、コンパクトで安価なものとするので、電気自動車の信頼性の向上、コスト低減に大きな効果をあげることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例をなす角度検出装置の回転子および固定子の断面図を示す。

【図2】3層巻線の接続の一例を示す。

【図3】 $N = 4$ の場合の突極形状の一例を示す。

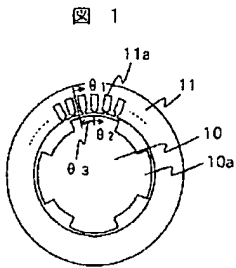
【図4】本発明の一実施形態をなす角度検出装置の鉄心断面図を示す。

【図5】図4の巻線展開図を示す。

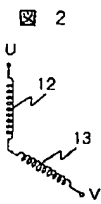
【符号の説明】

10…回転子、11…固定子、12、13…巻線。

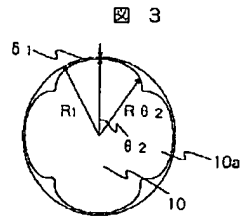
【図1】



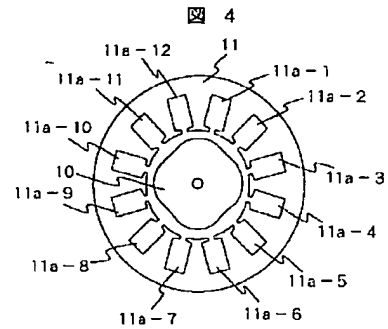
【図2】



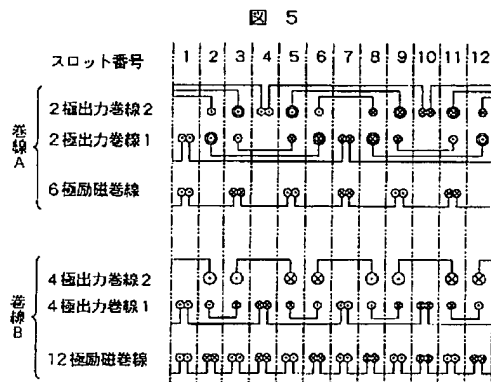
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 石崎 彰

神奈川県横浜市南区永田北三丁目22番5号